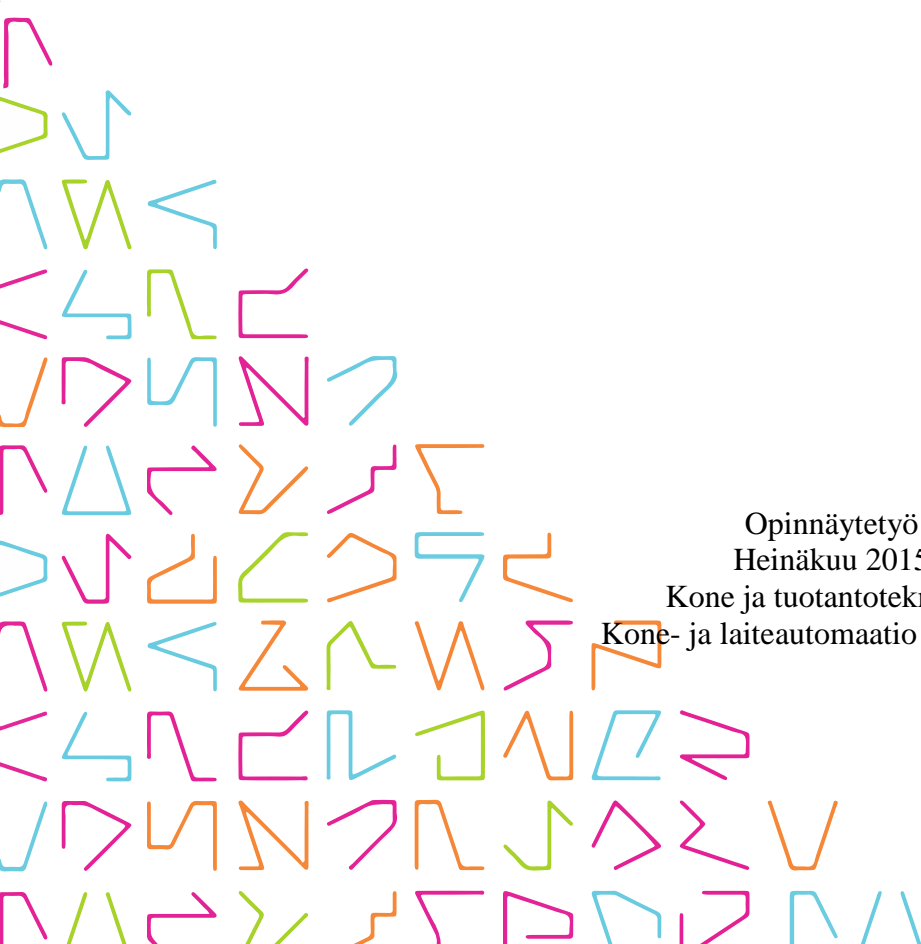




TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# SASTAMALAN KOULUSKUNTA YHTYMÄN KONEPAJAMITTAUKSEN LABORAAATIOI- LOJEN JA HARJOITUSTEHTÄVIEN SUUNNIT- TELU

Ville Lamminen



Opinnäytetyö  
Heinäkuu 2015  
Kone ja tuotantotekniikka  
Kone- ja laiteautomaatio suuntaavat

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Kone- ja laiteautomaatio

LAMMINEN, VILLE:

Sastamalan koulutuskuntayhtymän konepajamittauksen laboraatiotilojen ja harjoitustehävien suunnittelu

Opinnäytetyö 65 sivua, joista liitteitä 14 sivua  
Joulukuu 2015

---

Opinnäytetyön aiheena oli kone- ja metallitekniikan perus- ja ammattitutkinnon konepajamittauksen laboratoriotilat Sastamalan koulutuskuntayhtymän Mäntän seudun koulutuskeskuksen opetusyksikköön.

Opinnäytetyö sisältää pääosin konepajamittausharjoituksia niin perus- kuin ammattitutkintoon. Opinnäytetyössä on paljon myös mittauksiin liittyviä teoretietoja. Tämän opinnäytetyön tärkeimpänä tuloksena syntyi konepajamittausharjoituksia.

Opinnäytetyön kirjoitin tilaajan, Saskyn Mäntän seudun koulutuskeskuksessa työskentelevän opettaja Jari Turpeisen, ohjeistuksen mukaisesti.

Jatkokehittelynä olisi hyvä suunnitella uusi paikka kyseiselle laboratoriotilalle. Tämä tila olisi nykyisen koulun välittömässä läheisyydessä. Tämä työn tarve tuli siitä, kun Mänttä-Vilppulan ammattikoululla ei käytännössä ole mittausteknistä tilaa ja täytyi samalla päivittää mittavälineet.

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical and Production Engineering  
Machine and Automation Option

LAMMINEN, VILLE:

Laboratory Facilities and Exercises for Engineering Measurements at Sastamala Municipal Education and Training Consortium

Bachelor's thesis 64 pages, including 14 pages of appendices  
December 2015

---

The objective of this thesis was laboratory facilities for basic and vocational engineering measurement at Mänttä-Vilppula Vocational School.

The thesis mainly includes engineering measurement exercises for both basic and vocational degrees, that is the most important result of the thesis. The thesis also contains a lot of theory about measurements.

The thesis was completed in according with the guidance of Jari Turpeinen who works as a teacher at Sastamala municipal Education and Training Consortium, who commissioned this thesis.

Further development could be a plan for a new location for the laboratory facilities. This location should be close to the current school building. The need for this theses emerged as there were no facilities for engineering measurement at Mänttä-Vilppula Vocational School. Also measuring instruments needed replacement.

---

Key words: basic degree, vocational degree, engineering measurement

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	KONEPAJAMITTAUS.....	9
	2.1 Mittalaitteen historia .....	9
	2.2 Yleisesti .....	10
	2.3 Konepajamittauksen yleisimmät virheet.....	10
	2.3.1 Yleisesti.....	10
	2.3.2 Karkeat virheet .....	11
	2.3.3 Lämpötilan aiheuttamat virheet .....	11
	2.3.4 Voimien aiheuttamat virheet .....	11
	2.3.5 Parallaksivirheet .....	12
	2.3.6 Olosuhteista johtuvat virheet .....	12
	2.3.7 Mittaajasta johtuvat virheet.....	12
3	KONEPAJAMITTAUKSEN LABORATORION OLOSUHTEET .....	13
	3.1 Lämpötila .....	13
	3.2 Valaistus.....	13
	3.3 Puhtaus.....	13
	3.4 Kosteus, värähtely ja melu .....	14
	3.5 Sijainti.....	14
4	LABORATORIOTILAN KOKO JA KALUSTEET .....	15
	4.1 Mittahuoneen koko .....	15
	4.2 Kalusteet .....	15
	4.2.1 Pöydät 3 kpl .....	15
	4.2.2 Lattiakaappi 2 kpl.....	16
	4.2.3 Lisähyllyt 4kpl .....	19
	4.2.4 Seinäkaapit 6 kpl .....	19
	4.2.5 Toimistotuolit 6 kpl.....	20
	4.2.6 Pikku laatikot isoihin kaappeihin .....	21
	4.3 Layout- suunnittelu käytettävästä tilasta.....	22
	4.4 Mittausvälineet.....	23
	4.4.1 Luettelo mittavälineistä mitä hankitaan .....	23
5	MITTAVÄLINEIDEN KALIBROINTI JA KÄYTTÖ .....	25
	5.1 KALIBROINTI.....	25
	5.2 Mittavälineiden käyttö .....	25
6	PERUSTUTKINNON 2010 JA AMMATTITUTKINNON 2012 VAATIMUKSET .....	27
	6.1 Työntömitta.....	27

6.1.1	Yleisesti.....	27
6.1.2	Harjoitus.....	28
6.2	Kaarimikrometri.....	28
6.2.1	Yleisesti.....	29
6.2.2	Harjoitus.....	29
6.3	Tappimikrometri.....	30
6.3.1	Yleisesti.....	30
6.3.2	Harjoitus.....	30
6.4	Kierremikrometri ja kierretulkki.....	31
6.5	Yleisesti.....	31
6.5.1	Harjoitus.....	32
6.6	Syvyysmikrometri.....	34
6.6.1	Yleisesti.....	34
6.6.2	Harjoitukset.....	34
6.7	Astemitta.....	35
6.7.1	Yleisesti.....	35
6.7.2	Harjoitus.....	35
6.8	Mittakello.....	35
6.8.1	Yleisesti.....	35
6.8.2	Harjoitus.....	37
6.9	Reikäkello.....	38
6.9.1	Yleisesti.....	38
6.9.2	Harjoitus.....	39
6.10	Mittapalat.....	39
6.10.1	Yleisesti.....	39
6.10.2	Harjoitukset.....	41
6.11	Pinnan karheus.....	41
6.11.1	Yleisesti.....	41
6.11.2	Harjoitus.....	41
6.12	Siniviivain.....	42
6.12.1	Yleisesti.....	42
6.12.2	Harjoitus.....	43
6.13	Mittapöytäkirjat.....	44
6.13.1	Yleisesti.....	44
6.13.2	Harjoitus.....	44
6.14	Erilaiset tulkit.....	44
6.14.1	Yleisesti.....	44
6.14.2	Harjoitus.....	46
7	POHDINTA.....	47

LÄHTEET .....	48
LIITTEET .....	51
Liite 1. tarjous.....	51
Liite 2. harjoitus .....	52
Liite 3. harjoitus .....	53
Liite 4. harjoitus .....	54
Liite 5. harjoitus .....	55
Liite 6. harjoitus .....	56
Liite 7. harjoitus .....	57
Liite 8. konepiirustus .....	58
Liite 9. konepiirustus .....	59
Liite 10. konepiirustus .....	60
Liite 11. konepiirustus .....	61
Liite 12. konepiirustus .....	62
Liite 13. konepiirustus .....	63
Liite 14. konepiirustus .....	64

**ERITYISSANASTO**

SASKY	Sastamalan koulutuskuntayhtymä
op	opintopiste
mikrometriruuvi	mikrometri
mauseri	työntömitta
tönäri	työntömitta
mm.	muun muuassa
esim.	esimerkiksi
ns.	niin sanottu
susi	virheellinen asia
CNC	(computerized numerical control) (tietokoneistettu numeerinen ohjaus)
tms.	tai muuta sellaista

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä perus- ja ammattitutkinnon konepajamittauksen laboratorion tilat. Työn tilaajana oli Saskyn Mäntän seudun koulutuskeskuksen yksikkö. Tarkoituksena oli suunnitella selkeät laboratoriotilat ja toteuttaa ne tulevaisuudessa. Lisäksi tila piti kalustaa kaapeilla ja tarvittavilla pöydillä. Myös kaikki konepajamittauksessa tarvittavat mittavälineet piti järjestää, mitä tarvittaisiin perus- ja ammattitutkinnon suorittamiseen.

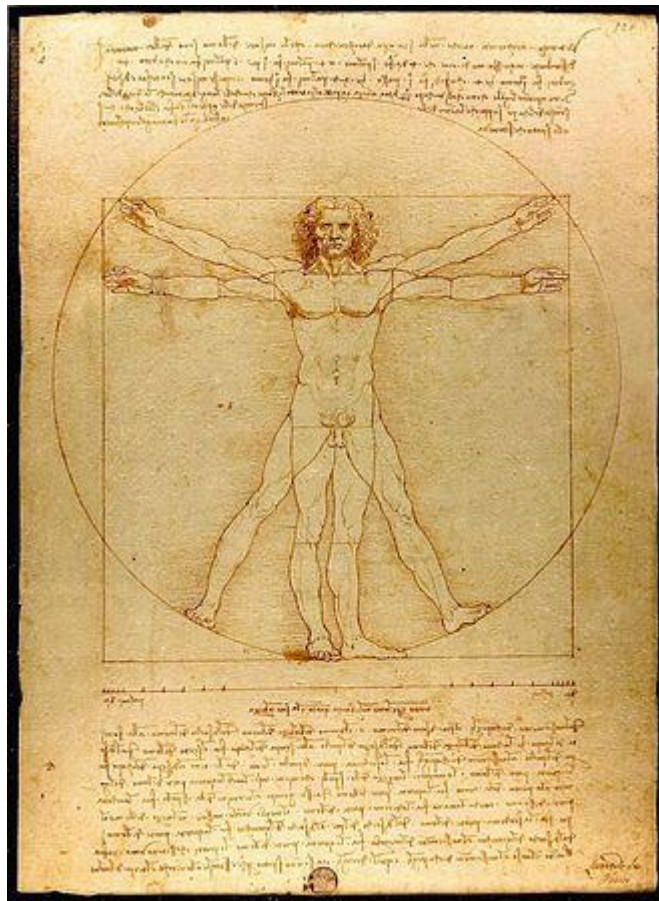
Harjoitustöihin oli tarkoitus tehdä selkeät piirustukset mistä olisi hyvä tehdä mittausharjoituksia konepajamittauksen. Nämä kappaleet valmistetaan Mäntän seudun koulutuskeskuksen metalliverstaalla Jari Turpeisen ohjauksessa. Konepajamittauksen mittauksiin liittyvä teoriapuolikin tulee tässä työssä esiin, sekä siihen liittyvä historia. Tarkoituksena olisi saada Mäntän ammattikoululle hyvät ja toimivat laboratoriotilat, jotka ovat kone- ja metallialan perus- ja ammattitutkinnon edellyttämät. Sekä paljon ja erilaisia mittavälineitä, jotka olisivat myös laadukkaita hintaansa nähden.

Kone- ja metallialan perustutkinnon 2010 ja ammattitutkinnon 2012 perustuen nämä konepajalaboratoriotilat pyydettiin tekemään.

## 2 KONEPAJAMITTAUS

### 2.1 Mittalaitteen historia

Historiassa 1500- luvulla käytettiin jo mitta-apuvälineitä mm. ihmiskehoa apuna käyttäen (kuva 1). Vuonna 1875 sovittiin kansainvälisessä kokouksessa yleiset mitat. Metrin mitta on kuitenkin ollut voimassa vasta 1960 luvulta asti. Metri määritellään seuraavanlaisesti: metri on matka, jonka valo kulkee tyhjiössä ajassa  $3,35640952 \times 10^{-9}$ s. (Luettu 17.10.2015 Teknillinen korkeakoulu, Professori Kalevi Aaltonen, Konepajatekniikan laboratorio)



KUVA 1 Ihmisruumiin mittasuhteet ([www.wikipedia.fi](http://www.wikipedia.fi) 2015)

## 2.2 Yleisesti

Konepajamittauksessa on ymmärrettävää kuinka tärkeitä ovat mittatulokset. Vielä kun mitatut mitat ovat oikein mitattu, niin väärin mittaukselta vältytään. Esimerkiksi, jos rakennetaan lentokone, niin kaikkien mittojen on alusta asti sovittava toisiinsa niin, että lopputuloksesta saadaan toimiva kokonaisuus. Jos yksikin mitta on virheellinen, niin myös lopputulos ei ole toivotunlainen, tai pahimmassa tapauksessa yhdestä mittavirheestä koko lentokone on vain esitys väärinmenneistä mittauksista, eikä täytyä vaadittuja kokoonpanostandardeja. Lentokone on myös todella riskialtis taivaalla jos konepajamittaukset ovat mitä sattuvat. Suuret lentokoneet ovat insinöörien taidonnäytteitä. Kaikkien lentokoneiden osien mitat ovat tarkoin suunniteltuja toimimaan keskenään. Joten niitä myös on syytä noudattaa. Nämä mitat myös käyvät useat tarkastusmittaukset läpi vielä koneistuksen jälkeenkin.

Vielä kun mietitään mittaamisen saadun tuloksen oikeellisuutta. Mitä tapahtuu, jos sairaalamaailmassa mitataan jokin asia väärin. Niin loppuseuraukset ovat kuollettavia pahimmissa tapauksissa. Tämä sanonta kuvaa hienosti mittaamista. *”Jos pystyt mittaamaan sen mistä puhut ja ilmaisemaan sen numeroin, tiedät siitä jotakin. Mutta jos et pysty mittaamaan sitä, jos et voi ilmaista sitä numeroin, tietosi on vähäistä ja epätyydyttävää laatua: se saattaa olla tiedon alku, mutta tuskin olet ajatuksissasi päässyt tieteelliselle tasolle, olipa asia mikä tahansa.”* ([www.helsinki.fi](http://www.helsinki.fi) / Lordi Kelvin 1824 - 1907)

## 2.3 Konepajamittauksen yleisimmät virheet

### 2.3.1 Yleisesti

Kuvassa 2 näkee varsin hyvin kuinka monet seikat vaikuttavat luotettavaan lopulliseen mittaustulokseen. Kun näitä kaikkia tekijöitä ei oteta huomioon, tapahtuu mittavirheitä. Mitä enemmän kyseisiä virheitä tapahtuu sitä suurempi on virheen mahdollisuus. Siitä huolimattakin, että otettaisiin kaikki virheet huomioon, silti tulee virhettä. Tämä taas johtuu mittaepävarmuudesta.



KUVA 2 mittauksen epävarmuus syy seuraus diagrammi (Mittaus ja laatutekniikat 1997 s.139 Paul H Andersson)

### 2.3.2 Karkeat virheet

Karkeat virheet johtuvan suuren osaksi huolimattomuudesta. Erehdyksissä tulee kanssa paljon karkeita virheitä. Ajatusvirheet voivat olla myös kanssa näitä, jolloin luet oikein mutta ajattelet väärin. (Mittaus ja laatutekniikat 1997 s.130 Paul H Andersson)

### 2.3.3 Lämpötilan aiheuttamat virheet

Lämpötilanvaihtelun vuoksi tulee virhemittauksia kun esimerkiksi teräksen pituudenlämpötilakerroin on  $0,000012\text{mm m/C}^\circ$ . Tämä tulee ottaa huomioon mitattaessa kappaleita. Mittaväline ja kappaleen pitäisi olla siinä likelle  $20\text{ C}^\circ$ . (Mittaus ja laatutekniikat 1997 s.130- 133 Paul H Andersson)

### 2.3.4 Voimien aiheuttamat virheet

Tämän pitäisi olla selvä asia jos ajatellaan suurta mikrometriä yli metrin halkaisijoita vaikka mitattaessa niin ei sitä kaarimikrometrin mittarumpua voi vääntää niin lujaa kuin voimaa piisaa. Lisäksi kappaleen oma paino tuo virheitä, koska jos ajatellaan pitkän juna

raiteen mittaamista ja se on vaikka päistä tuettu niin kappaleelle tulee omasta painosta johtuvaa vääntöä mikä taas lyhentää kappaletta. (Mittaus ja laatutekniikat 1997 s.133-136 Paul H Andersson)

### **2.3.5 Parallaksivirheet**

Tämä johtuu mittaajan katselusuunnasta mitta-asteikkoon tai mittalaitteen ollessa kullmassa mitattavasta kappaleeseen nähden. Parallaksi virhe on lyhykäisyydessä katselusuuntavirhe. (Mittaus ja laatutekniikat 1997 s.136- 138 Paul H Andersson)

### **2.3.6 Olosuhteista johtuvat virheet**

Olosuhteisiin liittyy kappaleessa 2.3.3 kerrottu pituudenlämpötilakerroin. Sitten lisäksi likaisuus tuo oman osuutensa tähän tapahtumaan. On ymmärrettävää jos kappaleen ja mittavälineen välissä on likaa, niin silloin mittaus on virheellinen. Myös tärinästä johtuvat mittavirheet aiheuttavat ongelmia jos mietitään karkealla versiolla että tärisee todella paljon. Niin silloin on vaikea mitata kappaletta. Valaistuksesta johtuvat lukuvirheet ja lämpösäteilyn tuomat haitat ovat taas osana tätä ilmiötä. (Mittaus ja laatutekniikat 1997 s.144- 145 Paul H Andersson)

### **2.3.7 Mittaajasta johtuvat virheet**

Tämän on päivän selvä asia jos ei osaa mitata oikein niin ei voi saada oikeata tulostakaan silloin. Jos taas ei osaa lukea mitta-asteikkoa niin ei voi saada oikeata tulosta silloinkaan. Kun mittaajalla on riittävä ammattitaito ja hyvä näkö, niin ei tule pysyviä eikä muuttuvia tekijöitä, jotka aiheuttavat mittavaihteluita. Silloin olemme eliminoitu mittaajan virheet olemattomiin. Mittaajasta johtuvia virheitä on siis luku, mittavälineen käyttö, näkö, ajatus, parallaksi ja väärissä olosuhteissa mittaaminen. (Mittaus ja laatutekniikat 1997 s.143-144 Paul H Andersson)

### 3 KONEPAJAMITTAUKSEN LABORATORION OLOSUHTEET

#### 3.1 Lämpötila

Lämpötilan tulee olla oikea mittauslaboratoriossa. Yleensä mittahuoneissa lämpötila on  $20\pm 0,5$  °C mittaustasossa, tätä tulee noudattaa tarkasti, kun kappaleita mitataan. Väärällä mittalämpötilalla voidaan tehdä suuria virheitä. Esim. autotehtaan suuria kappalemääriä mitattaessa kaikki kappaleet voivat olla susia, jos kappaleet mitataan väärässä lämpötilassa. Tällöin saatetaan puhua useista tuhansista virhekappaleista, jolloin yritykset saattavat kärsiä taloudellisesti, sekä asiakaskunnan vähentymisenä. Taloudellinen tappio saattaa olla suuri tällöin ja firma voi joutua selvitys tilaan, mistä seuraa konkurssi. (Mittaustekniikka 2014 s.97 Tomi Keinänen)

#### 3.2 Valaistus

Liian vähäinen valaistus aiheuttaa taas mittalaitteiden lukuvirheitä. Tämä taas aiheuttaa tuotannon menetystä. Liian hyvin valaistu laboratorio on sekin huono. Tämä aiheuttaa heijastukset, joten pyritään sopivaan valaistukseen, mikä on 800- 1000 luxia. (Mittaustekniikka 2014 s.97 Tomi Keinänen)

#### 3.3 Puhtaus

Sanonta ”Puhtaus on puoliruokaa” sopii hyvin laboratoriotiloihin. Mittavälineitä pidetään kuin ”kukkaan kämmenellä” ja ne pidetään puhtaina. Mitattaessa mittavälineellä mitta-  
kärjet on joka kerta puhdistettava. Pitää muistaa myös mitattavan kappaleen puhtaus. Näin vältetään virheellisiltä mittatuloksilta. Olisi hyvä olla nukkaamaton ja puhdas riepu millä voisi aina putsata mittavälineen leuat. Pölyartikkeleiden fyysinen koko ei saa ylittää  $5 \mu\text{m}$  sekä pölyartikkeleiden määrä ei saa ylittää  $1 * 10^7$  kpl/ $\text{m}^3$ . (Mittaustekniikka 2014 s.97 Tomi Keinänen)

### 3.4 Kosteus, värähtely ja melu

Kosteus-, värähtely- ja melu haitta pitää ottaa huomioon. Ilman suhteellinen kosteus tulisi olla 35-55 % välillä. Värähtelytaajuuden pitäisi olla  $1\mu\text{m}/20\text{ Hz}$ -  $3\mu\text{m}/10\text{ Hz}$ . Melu ei saa olla yli 50 desibeliä. (Mittaustekniikka 2014 s.97 Tomi Keinänen)

### 3.5 Sijainti

Huone, johon konepajamittalaboratorio tulee, sijaitsee ammattikoululla nykyisen asennusluokan yhteydessä. Tämä on huono koska, sitä ei ole millään erotettu kyseisestä luokasta. Tällä hetkellä asennusluokan värähtelyt ja melu häiritsevät mittaamista. Mittalaboratorion tulisi olla oma huoneensa eristettynä vielä lattian tärinöistä ja muista vastaavista häiriötekijöistä. Nyt tila on iso ja laaja, jossa ainakaan mitatut lämpötila vaihtelut ei ollut liian suuria. Mittasin laboratorion tulevan paikan laser-mittalaitteella (kuva 3) ja lämpötila oli 19.8- 19,9 °C välillä.



KUVA 3 SKF lasermittalaite.

## 4 LABORATORIOTILAN KOKO JA KALUSTEET

### 4.1 Mittahuoneen koko

Tarvittavan laboratorihuoneen todellinen pinta-ala on 6m\*2m. Korkeus huoneessa on 2,5m. Laboratorion tuleva sijainti on ison asennushuoneen perällä olevalla takaseinällä. Kokonsa puolesta mittahuone on hieman kapea, mutta siitä tulee toimiva kokonaisuus layout- suunnittelun kautta (kuva 12).

### 4.2 Kalusteet

AJ-tuotteet näyttävät kaikki laadukkailta ja pärjäävät hienosti kilpailutuksessa. Näissä tuotteissa näyttää olevan hinta-laatusuhde kohdillaan. Kalusteet ostetaan AJ tuotteelta. Ilman tarjousta ja ALV:tä kalusteiden hinta on 4646,6 €.

#### 4.2.1 Pöydät 3 kpl

Takaseinää vasten tulee 3kpl isoja pöytiä 2000 mm pitkiä ja syvyydeltään 800 mm (kuva 4). Korkeuden säätö jaloille on välillä 720-900 mm. Lisäksi ostetaan erikseen pöydän pintaan kumipinnoite. Pintamateriaali on 5 mm vahvaa pehmeää kumia. Runko on terästä ja jalat eristetty ympäröivästä lattiasta. Yhden pöydän hinnaksi tulee 389 €, hinta ilman ALV:tä. Pöydillä olisi tarkoitus mittailla harjoituskappaleita. ([www.ajtuotteet.fi](http://www.ajtuotteet.fi))

Alimpiin laatikkoihin sijoitetaan harjoituskuvat. Ylimmäisiin laatikkoihin laitetaan analogiset ja digitaaliset työntömitat.



KUVA 4 työpöytä laatikoilla. ([www.ajtuotteet.fi](http://www.ajtuotteet.fi))

#### 4.2.2 Lattiakaappi 2 kpl

Sivuseinille olisi tarkoitus tulla yhdet lattiakaapit (kuva 5). Kaapin leveys on 1000 mm ja korkeus on 1900 mm ja syvyys 400 mm. Kaapin hinta on 279 € ilman ALV:tä. ([www.ajtuotteet.fi](http://www.ajtuotteet.fi))

Lattiakaapit sisustetaan kuvan 14 mukaan. Ensimmäiseen kaappiin tulee mittavälineet (kuva 7) ja lisähyllyt (kuva 9). Jokaisessa mittavälineen laatikossa lukee sen nimi ja mittausalue. Sekä jokaiselle on oma hyllypaikka missä myös lukee kyseinen nimi ja mittausalue.

Toinen iso lattiakaappi tulee toiselle sivulle. Tähän kaappiin tulee trasseleita, rasvoja, puhdistusaineita ja isommat mittausharjoituskappaleet (kuva 8).



KUVA 5 lattiakaappi. ([www.ajtuotteet.fi](http://www.ajtuotteet.fi))

KUVA 6



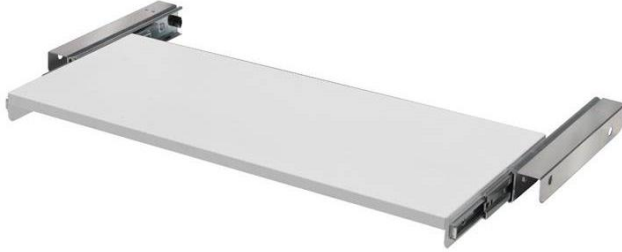
KUVA 7 malli esimerkki miten mittalaitteet pidetään kaapissa. (TAMK:n kuva)



KUVA 8 mittavat mallikappaleet säilytetään laatikoissa. (TAMK:n kuva)

### 4.2.3 Lisähyllyt 4kpl

Toiseen lattiakaappiin tulee lisäksi neljä kappaletta ulosvedettäviä hyllytasoja. Nämä sijoitetaan joka toiselle hyllylle. Hyllytason kappalehinta on 84 € ilman ALV:tä.



KUVA 9 ulosvedettävä hyllytaso. ([www.ajtuotteet.fi](http://www.ajtuotteet.fi))

### 4.2.4 Seinäkaapit 6 kpl

Seinälle olisi tarkoitus tulla kaapit (kuva 10). Kaappeja tulee 6 kpl. Kaapin leveys on 1000 mm ja korkeus on 1000 mm ja syvyys 400 mm. Yhden kaapin hinta on 217 € ilman ALV:tä. ([www.ajtuotteet.fi](http://www.ajtuotteet.fi))

Muutamaan näihin kaapeista olisi tarkoitus tulla pienet mitattavat kappaleet. Mittausharjoituksissa on myös tärkeässä roolissa puhtaus. Kahteen kaappiin sijoitettaisiin yleisiä tarvikkeita, jotka olisivat puhdistustrasseleita puhdistus spray (kuva 15), suojarasvoja ja muuta niihin liittyvää. Kahteen viimeiseen kaappiin laitettaisiin tarkastusvälineet mittavälineille.



KUVA 10 säilytyskaappi teräs. ([www.ajtuotteet.fi](http://www.ajtuotteet.fi))

#### 4.2.5 Toimistotuolit 6 kpl

Tilaan olisi tarkoitus tulla teollisuustuolit (kuva 11). Tuoleja tulee 6 kpl. Tuolin istumakorkeus on säädettävissä kaasujousella 540-800 mm välillä. Sekä tuolissa on kiinteä vaakasuuntainen jalkarengas. Yhden tuolin hinta on 179 € ilman ALV:tä. ([www.ajtuotteet.fi](http://www.ajtuotteet.fi))

Tuoli on erittäin siisti ja yksikertainen vähän tilaa vievä teollisuustuoli. Tämän saa kätevästi pöydän alle mittauksen loputtua. Tuolin istuin osa on polyuretaania mikä tuo jämän istuma-asennon. Tuoli on tukeva kun ei ole pyöriä alla, näin saadaan yksi häiritsevä tekijä pois mittauksia kun ollaan tekemässä.



KUVA 11 teollisuusjakkara. ([www.ajtuotteet.fi](http://www.ajtuotteet.fi))

#### 4.2.6 Pikku laatikot isoihin kaappeihin

Näitä laatikoita tulee 32 kpl (kuva12). Näihin laatikkoihin sijoitetaan mittausharjoituskappaleet. Laatikoiden mitat ovat leveys 115 mm, pituus 300 mm ja tilavuus 2,4 l. Näissä laatikoissa on lisäksi kaksi jakopaikkaa. Laatikoiden hinta on 121.6 € ilman ALV:tä.

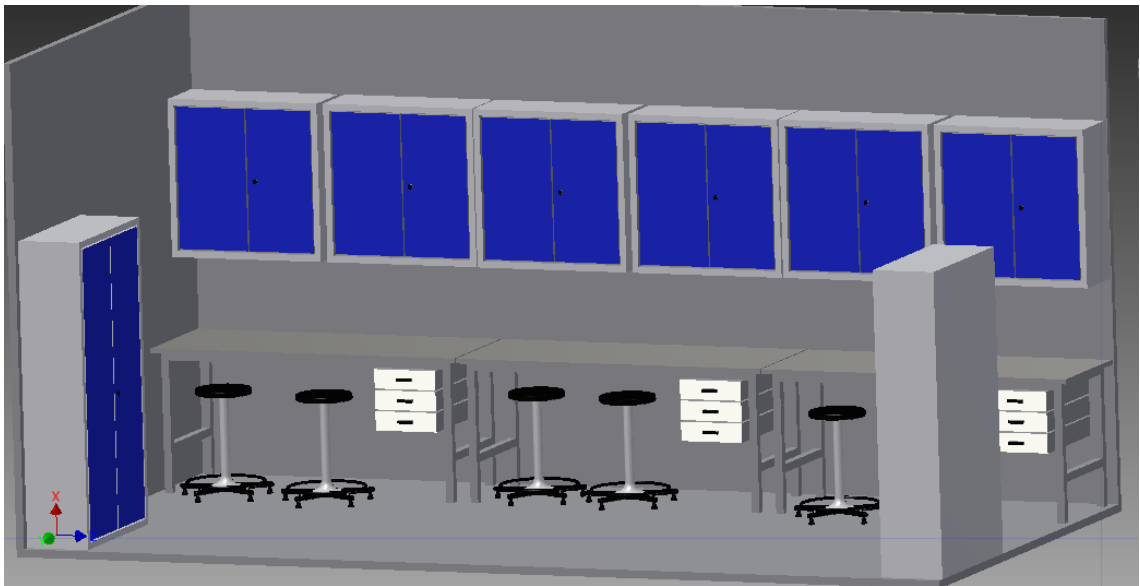
Toiset laatikot ovat isompia ja niitä tulee 32 kpl (kuva 12). Näihin laatikkoihin sijoitetaan mittausharjoituskappaleita ja vaikka puhdistusaineita tms. Laatikoiden mitat ovat leveys 230 mm, pituus 300 mm ja tilavuus 4,9 l. Näissä laatikoissa on lisäksi kaksi jakopaikkaa. Näitten hinta on 88 € ilman ALV:tä. ([www.ajtuotteet.fi](http://www.ajtuotteet.fi))



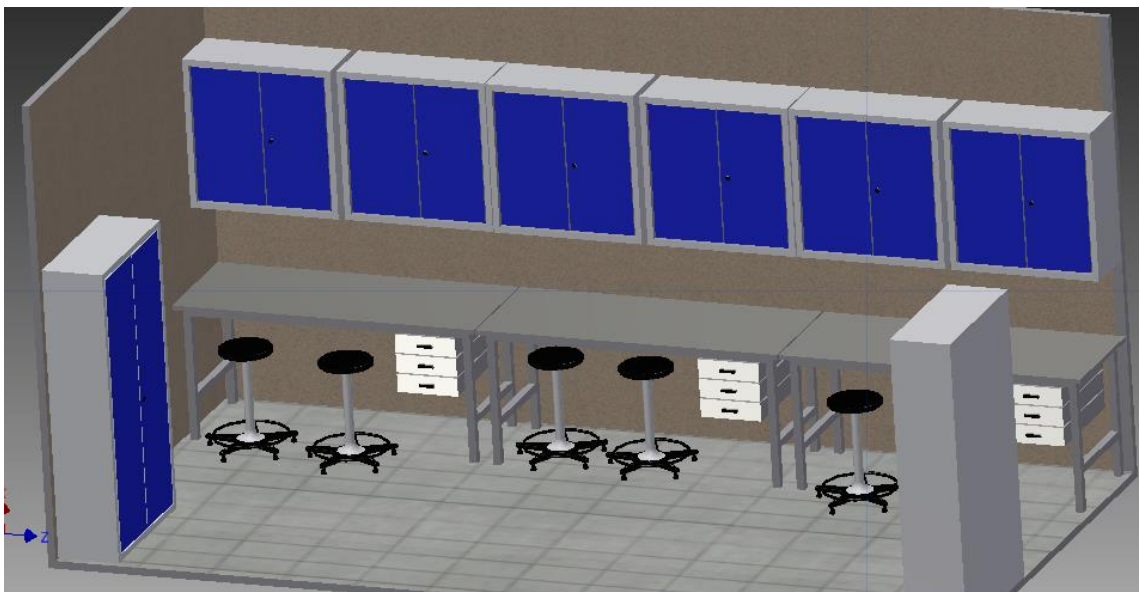
KUVA 12 laatikot kaappeihin. ([www.ajtuotteet.fi](http://www.ajtuotteet.fi))

### 4.3 Layout- suunnittelu käytettävästä tilasta

Luokahuoneesta suunniteltiin kuvan 13 ja 14:n näköiset. Tähän kyseiseen tilaan mihin laboratorio on tulossa, ei saa mitenkään muuten kalusteita sijoiteltua. Siksi suunniteltiin vain yksi täydellinen järjestys kalusteille, niitä ei saa järjesteltyä muuten järkevästi, koska luokahuoneen muoto ja mitat tulevat vastaan joka puolella. Suunnitteluprosessi toteutettiin Auto CAD:in Inventor Professionalilla 2015. Tämä siksi kun se on erittäin hyvä piirto-ohjelma.



KUVA 13 laboratorioluokan kalusteiden sijoittelua.



KUVA 14 laboratorioluokka kalusteiden sijoittelua.

#### 4.4 Mittausvälineet

Kaikki mittavälineet ostetaan siitä firmasta, minkä päätöksen Jari Turpeinen tekee tarjouskyselyni (liite1) mukaan. Minä ostaisin joko Teräskonttorilta tai Ravemalta. Teräskonttori ja Ravema myy laadukkaita mittavälineitä. Mittauslaboratorioon tarvitaan sekä analogisia että digitaalisia työntömittoja. Analogisia mikrometrejä tarvitaan kaari-, tappi-, syvyys-, kierre-, kaksipiste ja kolmipistemikrometri. Lisäksi tarvitaan myös yksi digitaalinen kaarimikrometri. Näin oppilaat oppivat käyttämään niitäkin. Mittakelloja tarvitaan analogisena ja digitaalisena, ja lisäksi analoginen vipumittakello. Mittakellot varustetaan kolminivelisellä universaali magneettijalalla. Analoginen astemitta tarvitaan, sekä mittapalasarja pinnankarheuden mittaamiseen. Vertailumittapalasarjat teetetään itse sorvaamalla ja jyrsimällä. Lisäksi tarvitaan yksi 100 mm siniviivain. Erilaisia tulkkeja ostetaan, kuten kita-, reikä-, rako-, tappi-, kierre- ja sädetulkkeja.

##### 4.4.1 Luettelo mittavälineistä mitä hankitaan

- Analoginen työntömitta (5 kpl (0-150mm)).
- Digitaalinen työntömitta (5 kpl 0-150mm).
- Kaarimikrometrisarja (1 kpl 0-120mm räikällä varustettu).
- Kaarimikrometrisarja (1 kpl 0-120mm räikätön).
- Kaarimikrometri digitaalinen (1 kpl 0-60mm).
- Tappimikrometrisarja (1 kpl 0-300mm).
- Syvyysmikrometri (1kpl 0-100mm).
- Kierremikrometri eri kierteille (1 kpl yleisimmille kierteille).
- Kaksipistemikrometri (1 kpl 0-100mm).
- Kolmipistemikrometri (1 kpl 0- 100mm).
- Mittakelloja (5kpl perusmalli + magneettijaloilla kolmella nivellellä).
- Vipumittakello (2kpl perusmalli + magneettijaloilla kolmella nivellellä).
- Digitaalinen mittakello (1kpl perusmalli + magneettijalalla kolmella nivellellä).
- Tarkkuusastemitta (1kpl perusmalli).
- Mittapalasarja (1 kpl toleranssiluokka 1).
- Pinnankarheuden vertailumittasarjat sorvaukseen ja jyrsintään (1 kpl Ra 0.4-50).
- Digitaalinen pinnankarheudenmittalaite (1 kpl perusmalli).
- Siniviivain (1kpl 100mm).

-Tulkkeja voidaan ottaa kita-, reikä-, rako-, tappi-, kartio-, kierre- ja sädetulkkeja (2kpl kutakin ammattikoulukäyttöön).

-Kaarimikrometrin pidin (3 kpl 100mm kaarimikrometrille).

-Reikäkellosarja (1kpl 0-100 mm).

## 5 MITTAVÄLINEIDEN KALIBROINTI JA KÄYTTÖ

### 5.1 KALIBROINTI

Kaikkien alojen valmistusprosesseissa oikeat mitat ovat kaiken perusta. Siksi kalibrointi on erittäin tärkeää. Kalibrointi tarkoittaa mittavälineen mittaasepävarmuuden määrittystä, tähän tulisi aina liittää mittauksen epävarmuus. Kalibroinnilla ohjataan hienosti laatua. Aina kun mittavälineen viimeinen käyttöpäivä on mennyt niin pitää se lähettää viimeistään silloin kalibrointiin. Näin ollen saadaan pidettyä mittaasepävarmuus tiedossa, mikä tiedetään mitattaessa kappaleita. Jos esimerkiksi mittavälinettä käytetään vain kerran viidessä vuodessa, niin se lähetetään kalibroitavaksi silloin vasta, kun sitä tarvitaan. (Mittaustekniikka 2014 s.98 Tomi Keinänen)

Mittavälineissä on esimerkiksi keltainen teippi (2015), mikä kertoo minä vuonna mittaväline on kalibroitu. Kuvassa 15 näkyy tämä hyvin. Numero kertoo viimeisen käyttökuukauden välillä 1-12.

Kalibroitu ennen käyttöönottamista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TATU QUALITY CONTROL	TAMMI	HELMI	MAALE	HUHTI	TOUKO	KESA	HEINA	ELO	SYYS	LOKA	MARRAS	JUULU
2012	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2013	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2016	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12


**GRÖNBLOM**  
**TARKKUUSTUONTI**  
 Mekaanikonkatu 6, PL 81, 00811 Helsinki  
 Puh. 010 2888 973, fax 09 321 8823  
 www.tarkkuustuonti.fi

KUVA 15 kalibrointi on osa laatu järjestelmää. ([www.tarkkuustuonti.fi](http://www.tarkkuustuonti.fi))

### 5.2 Mittavälineiden käyttö

Mittavälineet pitää nollata aina ennen käyttöä. Mittaaja, joka tarvitsee mittavälinettä, hän myös itse tarkastaa sen. Tämä on päivittäistarkastusta, joka kuuluu aina mittaajan tehtäviin. Mittavälineistä pidetään aina hyvää huolta. Niitä säilytetään aina omissa laatikoissa

ja niille varatuilla paikoilla mittahuoneessa tai vastaavassa paikassa. Tarvittaessa mittavälinettä otetaan se laatikkoineen päivineen mittahuoneesta. Mittaväline vietään esim. koneelle tai sorville. Otetaan mittaväline pois laatikostaan, jonka jälkeen tehdään tarvittava mittaustapahtuma ja asetetaan se sitten takaisin laatikkoon. Mittavälinettä ei tule ikinä säilyttää edes hetkeä muualla, kuin sen omassa laatikossa, jos sitä ei tarvitse. Aina tarvittaessa putsataan mittavälineen leuat ja kappaleesta mitattava kohta. Aina jos mittaväline putoaa lattialle tai muuten vahingoittuu, niin pitää lähettää kyseinen mittaväline kalibroitavaksi.

Tarvittaessa mittavälineitä pitää muistaa kalibroida. Mittavälineen kalibrointiin tarkoitettu asetusrenkas putsataan (kuva 16) rasvanpoistajalla puhdistusaineella. Asetusrenkas on esimerkiksi tarkkuushiottu 29.995 mm tarkkuudelle. Tämän jälkeen putsataan mittavälineen leuat trasselilla tai sormen päällä. Sitten voidaan tehdä päivittäiskalibrointi mittavälineelle. Täytyy tarkastaa, että mittaväline näyttää samaa kuin tarkkuushiottu asetusrenkas. Kalibroinnin jälkeen laitetaan asetusrenkaalle kevyt suojarasva päälle, ettei eroosio pääse kalvamaan renkaan pintaa.



KUVA 16 tätä voi vaikka käyttää puhdistukseen.

## 6 PERUSTUTKINNON 2010 JA AMMATTITUTKINNON 2012 VAATIMUKSET

### 6.1 Työntömitta

#### 6.1.1 Yleisesti

Analogisella työntömitalla (kuva 17) mitataan yleensä ulkohalkaisijoita, sisähalkaisijoita ja syvyysmittauksia. Yleisesti kappaleet mitä mitataan on alle 200 mm. Mittatarkkuus vaihtelee nooniusasteikon tarkkuuden mukaan. Nooniusasteikoita on 10-, 20- ja 50-jakoisia. Niiden tarkkuus on 0.1, 0.05 ja 0.02 mm. Työntömittaa on hyvä osata lukea oikein eli kokonaiset millit ja siihen päälle nooniusasteikkoon osamillit. (Mittaustekniikka 2014 s.56 Tomi Keinänen)



KUVA 17 analoginen työntömitta. ([www.visava.fi](http://www.visava.fi))



KUVA 18 digitaalinen työntömitta. ([www.tooloutlet.fi](http://www.tooloutlet.fi))

Ennen kuin ruvetaan mitata digitaalisella mitalla, täytyy osata mitata analogisella mitalla. Digitaalisen työntömitan (kuva 18) lukeminen on huomattavasti helpompaa kuin analogisen. Tämä siksi kuin digitaal näyttöön tulee lukemaan heti tulos, eli ei tarvitse muuta kuin osata lukea numerot oikein. Pitää myös muistaa, että vaikka digitaalityöntömitan lukemataruus on 0.01 mm, niin todellinen tarkkuus on lähempänä 0.05 mm. Tämä siksi kun työntömitan rakenne ei mahdollista tarkempaa mittausta. Digitaalisella työntömitalla huomataan helposti kuinka paljon mittaavoima vaikuttaa lopputulokseen. Mitattaessa kun painetaan lujemmin leukaa, niin nähdään kuinka mittaustulos vaihtelee. Mittausvoima täytyy ottaa huomioon jokaisella mittalaitteella mitattaessa.

### 6.1.2 Harjoitus

Tässä harjoitustyössä opetellaan käyttämään ensin analogista ja sitten digitaalista työntömittaa. Mitataan pituus, ulkopuolisia-, sisäpuolisia- ja syvyysmittoja (liite 2).

## 6.2 Kaarimikrometri



KUVA 19 kaarimikrometri räjäytyslohkoina. (TAMK:kin taulu)

### 6.2.1 Yleisesti

Mikrometriruuvien keksijänsä pidetään skotlantilaista James Wattia, jonka idea syntyi jo vuonna 1772. Tarkkuus kyseillä ruuvilla oli tuolloin 0,02 mm. Nykyiset mikrometrit ovat tarkkuudeltaan 0,01- 0,001 mm. Mikrometriruuveissa ruuvi on yleensä millin tai puolen millin nousulla. Tällöin momenttiräikkää vääntämällä leukojen kärjet joko liikkuu millin tai puolikkaan millin lähemmäs tai kauemmas toisiaan.

Yleensä kaarimikrometrit (kuva 20) on 25 mm mittausvälillä. Tämä tarkoittaa sitä että pitää hallita pieniä ja isoja kaarimikrometrejä. Kaarimikrometreissä on yleensä räikättömiä malleja, räikällisiä ja sitten on vielä kitkarumpumalleja. Mittausta harjoitellessa on hyvä aloittaa räikkämallisella, mistä pyöritetään kitkaruuvia tai rumpua, sitten kun räikkä pitää ääntä niin voima on oikea. Harjaantunut mittaja jo ymmärtää mittausvoiman merkityksen, jonka jälkeen voidaan harjoitella räikättömillä mittavälineillä. (www.wikipedia.org)



KUVA 20 kaarimikrometri. ([www.suomenteratuonti.fi](http://www.suomenteratuonti.fi))

### 6.2.2 Harjoitus

Tässä harjoitustyössä opetellaan käyttämään ensin analogista (kuva 20) ja sitten digitaalista kaarimikrometriä. Nämä kaarimikrometrit on räikällisiä, mikä takaa oikean puristusvoiman. Tässä harjoituksessa on viimeisenä analogisen ja räikättömän yhdistelmän mikrometrillä mittaaminen. Mitataan ulkopuolisia halkaisijoita (liite 2).

## 6.3 Tappimikrometri

### 6.3.1 Yleisesti

Tappimikrometrit (kuva 21) ovat rakenteeltaan samanlaisia kuin kaarimikrometrit. Toiminnoiltaan ne ovat samanlaisia. Erona on, että tappimikrometrillä mitataan reikää tai harvemmin väliä. Tappimikrometrillä on vaikeampi mitata kuin kaarimikrometrillä. Siinä ei ole momenttiräikkää yleensä. Pitää muistaa hakea kahdesta eri suunnasta oikea kohta sekä lisäksi muistaa oikea mittausvoima.



KUVA 21 tappimikrometri sarja 0-500 mm. ([www.arceurotrade.co.uk](http://www.arceurotrade.co.uk))

### 6.3.2 Harjoitus

Tässä harjoitustyössä opetellaan käyttämään analogista tappimikrometriä. Tappimikrometrillä mitataan sisäpuolisia halkaisijoita tai pituusmittojakin voidaan mitata (liite 3).

## 6.4 Kierremikrometri ja kierretulkki

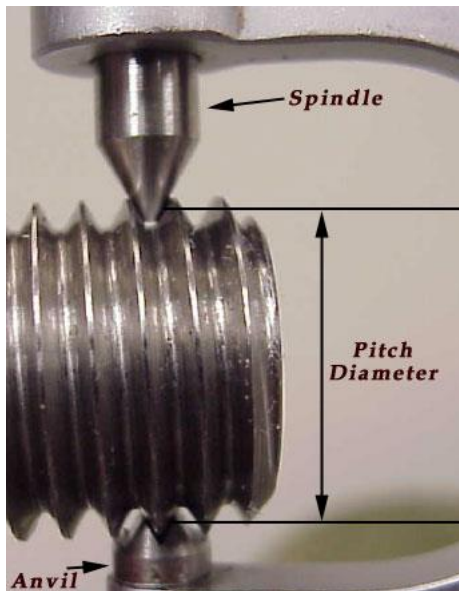
### 6.5 Yleisesti

Kierremikrometrillä (kuva22) mitataan erilaisia kierteitä. Kierremikrometrissä on vaihdettavat päät. Kuvassa 23 näkyy kartiopäät mitkä menee kierteen pohjalle. Näitä voidaan vaihtaa kierrekulman vaihdellessa eri kierteitä mitattaessa. Kaikilla kierteillä ei siis ole sama kylkikulma. Metrisillä kierteillä on esim.  $60^\circ$  ja whitworth kierteillä se on  $55^\circ$ . Kierremikrometrissä on mukana omanlainen nollauspala. Yleensä kierremikrometriä käytetään kierreterällä sorvattaessa tai jyrsiessä kappaleita. Näissä tapauksissa mitataan kierremikrometrillä kylkihalkaisija, jotta saadaan oikeamittainen kierre toteutettua.

Kierretulkeilla tutkiskellaan kierteen nousua. Tämä tapahtuu katselemalla valoa tai valkoista paperia vasten parhaiten. Kun tulkin oikea mallikierre menee jouheasti mallattavaan kierteeseen, niin on löydetty kyseinen nousu (kuva24). Kierretulkkeja on jokaiselle kylkikulmalle ja nousulle omansa.



KUVA 22 kierrekaarimikro. ([www.micro-machine](http://www.micro-machine))



KUVA 23 kierrekaarimikrolla mittaaminen. ([www.wisc-online.com](http://www.wisc-online.com))



KUVA 24 kierretulkki whitworth 55°. ([www.atoy.fi](http://www.atoy.fi))

### 6.5.1 Harjoitus

Tässä harjoitustyössä opetellaan käyttämään analogista kierremikrometriä. Kierremikrometrillä mitataan ulkopuolisia kierremittoja. Harjoitukseen kuuluu erilaisten pulttien ja ruuvien tunnistaminen (kuva 25 ja 26). Tässä harjoituksessa käytetään myös kierrekamppaa kierteen nousun tunnistamisessa.



KUVA 25 erilaisia kierteitä. ([www.facebook.com](http://www.facebook.com))



KUVA 26 erilaisia kierteitä. ([www.facebook.com](http://www.facebook.com))

## 6.6 Syvyysmikrometri

### 6.6.1 Yleisesti

Syvyysmikrometrillä mitattaessa on otettava huomioon. Erityisesti se että t-osan ollessa kappaletta vasten, niiden väliin ei jää mitään epäpuhtauksia. Mittaustapahtumassa täytyy painaa sopivasti t- kappaleesta kun ruuvia pyöritetään räikästä. Tietenkin pitää muistaa puhdistaa kappale ja mittapää. Kuvassa 27 syvyysmikrometri ja sen eri syvyyksiin ulottuvat mittatangot.



KUVA 27 syvyysmikrometri eri syvyyksien mittaamista varten. ([www.shop.yourtoolingstore.com](http://www.shop.yourtoolingstore.com))

### 6.6.2 Harjoitukset

Tässä harjoitustyössä opetellaan käyttämään analogista mikrometriä. Syvyysmikrometrillä mitataan eri tasojen, mutta yhdensuuntaisten pintojen etäisyyttä toisiinsa. Harjoituskappaleissa on pintojen eri syvyyksiä mittauksiin (liite 4).

## 6.7 Astemitta

### 6.7.1 Yleisesti

Yleiskulmamitalla (kuva 28) mitataan eriasteisia kulmia tai viisteitä. Yleiskulmamitta on nooniusasteikolla. Tämä kuvassa 28 näkyvä kulmamitan lukutarkkuus on  $\pm 5'$ . Lisäksi tämä on panoraamaluupilla varustettu. Tämä vähentää parallaksivirheen määrää suuresti ja helpottaa kovasti kulmanlukua. ([www.hoffmann-group.com](http://www.hoffmann-group.com))



KUVA 28 yleiskulmamitta. ([www.hoffmann-group.com](http://www.hoffmann-group.com))

### 6.7.2 Harjoitus

Tässä harjoitustyössä opetellaan käyttämään analogista yleiskulmamittaa. Yleiskulmamitalla mitataan eri pintojen välistä kulmaa. Harjoituskappaleessa mitataan usean eri kulman asteita (liite 5).

## 6.8 Mittakello

### 6.8.1 Yleisesti

Mittakellossa (kuva 29) on isompi kello mikä kertoo sadasosamillit ja pienempi kello mistä voi seurata kokonaisia millejä. Mittakellossa on lisäksi toleranssiviikset mitkä voi säätää halutulla tavalla. Kuvassa 29 mittakelloon on säädetty toleranssialue 11 sadasosaa päälle ja alle. Mittakellolla mitataan yleensä jotakin heittoa. Mittakellolla voidaan mitata

esim. pyörähdyskappaleen heittoa tai onko auton jarrulevyt suorat. Mittakellolla voidaan laittaa kappale suoraan jyrskittäessä tai katsoa onko ruuvipenkki suorassa. Mittakellolla mitattaessa jotakin heittoa tai suoruutta, täytyy se nollata ensin. Tämä tapahtuu kääntämällä kellon ulkokehää haluttuun kohtaan, yleensä nollaan. Mittakello laitetaan yleensä magneettijalkaan kiinni (kuva 30). Tämän saa sitten helposti kiinni karalle tai koneen runkoon tarvittaessa.

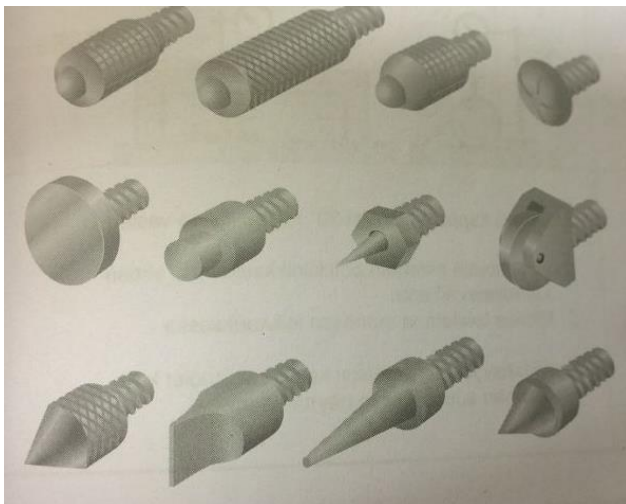
Sisämittakellolla mitataan kappaleen halkaisijoita tai voidaan todeta soikeutta, mitä ei havaita kolmipistemikrometrillä. Mittakellolla voidaan mitata myös keskiviivan suoruutta, lieriömäisyyttä, yhdensuuntaisuutta, viivan yhdensuuntaisuutta, kohtisuoruutta, säteisheittoa ja aksiaaliheittoa.



KUVA 29 analoginen mittakello. ([www.webshop.industriacenter.fi](http://www.webshop.industriacenter.fi))



KUVA 30 mittakellon magneettijalka. ([www.hitsaustarvike.com](http://www.hitsaustarvike.com))

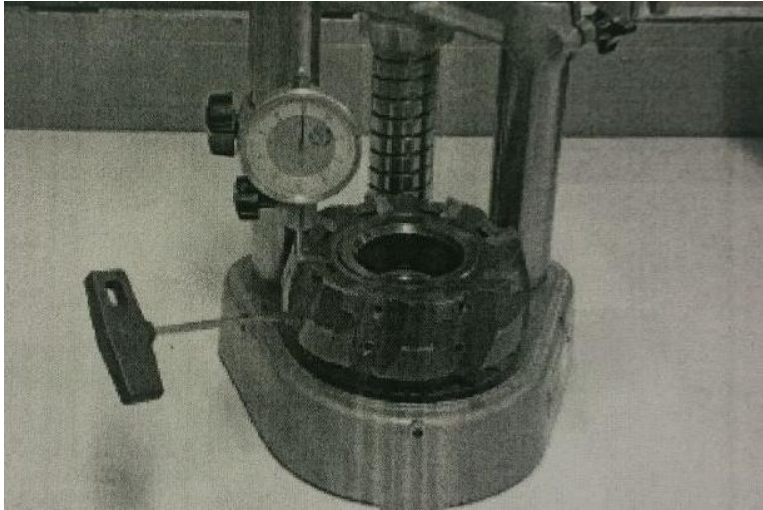


KUVA 31 mittakellon erilaisia kärkiä. (Mittaustekniikka 2014 s.79 Tomi Keinänen)

### 6.8.2 Harjoitus

Ensimmäiseksi voidaan harjoitella kahdeksan hampaisen jyrsinpään kellottamista, siten että aksiaaliheitto olisi minimissään 0,02 mm (kuva 32). Mitataan teräpalan heitot kahteen kertaan ja kirjataan ne ylös. Ensimmäisessä harjoituksessa olisi hyvä vaihtaa mittakelloon (kuva 31) toiselta riviltä ensimmäinen kärki. Tämä helpottaa harjoitusta kovasti. Harjoitellaan toisessa harjoituksessa mittakellolla mittaamista jyrsinkoneen ruuvipenkin asennusta x-akselin mukaisesti suoraan, niin ettei heittoa ole kuin sadasosa. Toinen ja kolmas voisi olla sorvin nelileukapakan asennus ja siihen suoraksi sorvatun kappaleen asennus

heitottomaksi. Neljänneksi voitaisiin hakea keskikohdan pyöreästä kappaleesta, vaikka manuaalisella jyrsinkoneella.



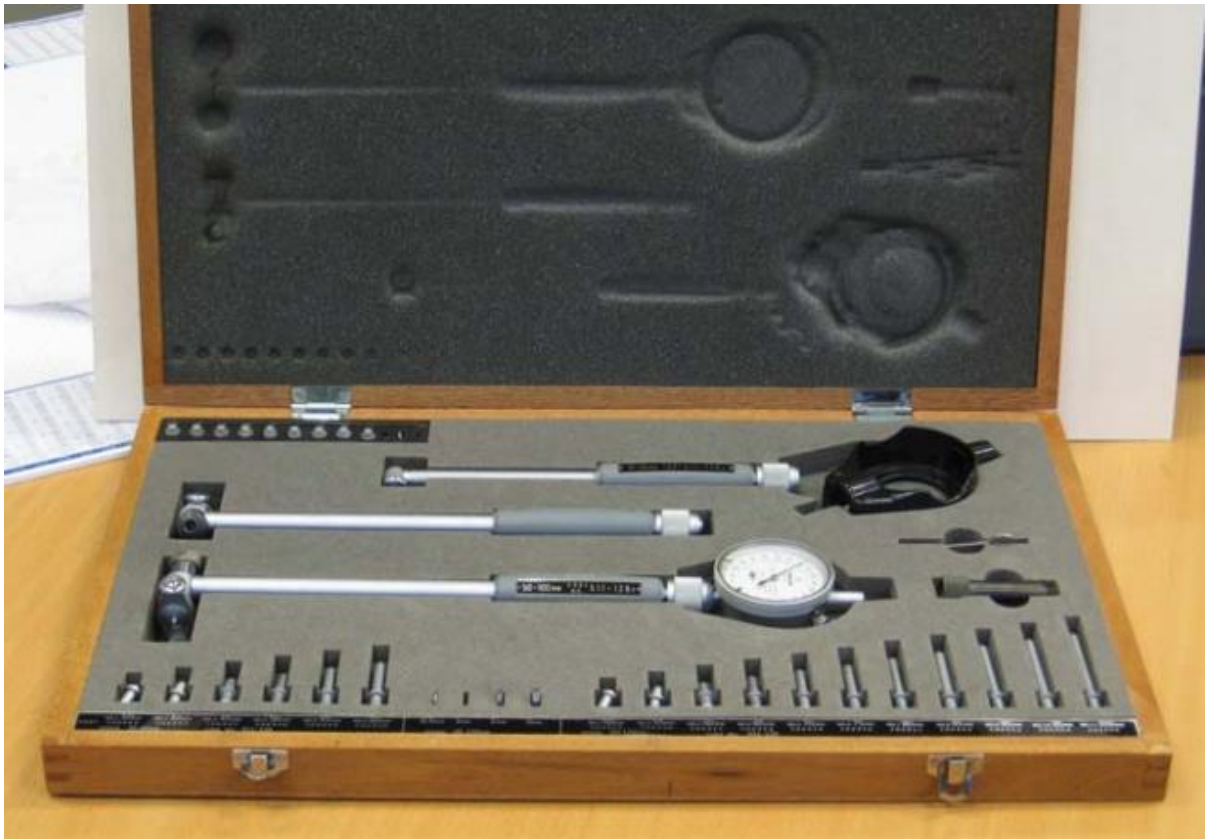
KUVA 32 jyrsinpään teräpalojen kellotus aksiaalisesti.(Jari Turpeisen opetusmateriaali)

## 6.9 Reikäkello

### 6.9.1 Yleisesti

Reikäkellolla (kuva 33) mitattaessa se täytyy säätä varmistusrenkaaseen. Reikäkellon voi säätää myös kaarimikroa hyväksi käyttäen. Laitetaan kaarimikroon haluttu mitta ja lukko päälle. Mielellään laitetaan kaarimikrometri mittajalkaan kiinni. Tällöin saadaan varmempi säätö reikäkellolle. Eli näin poissuljetaan liiat liikkuvat osat. Tämän jälkeen laitetaan heittokello osoittamaan nollaan ja säädetään toleranssiviikset kohdilleen. Kyseinen laite nollataan mitattavaan reikään aina, kun reiän koko vaihtuu.

Reikäkellolla mitattaessa mittaväline laitetaan reikään ja reikään nähden liikutetaan aksiaalisuuntaan mittalaitetta edestakaisin. Tällöin nähdään missä kohdin sijaitsee matalin kohta heittokellossa. Pistetään se mieleen montako sadasosa milliiä se oli, koska nollakohta jo tiedetään. Näin tiedetään mikä reiän halkaisija sadasosamillilleen.



KUVA 33 reikäkellosarja([www.noppa.aalto.fi](http://www.noppa.aalto.fi))

## 6.9.2 Harjoitus

Tässä harjoituksessa mittaamme sisäpuolisia reikiä. Ole tarkkana kun teet tätä harjoitusta että reikäkello on varmasti oikeassa asennossa. Mittavana on neljä eri halkaisijaista reikää, jotka ovat samassa kappaleessa (liite 3, 6 ja 7).

## 6.10 Mittapalat

### 6.10.1 Yleisesti

Mittapalasarjat (kuva 34) ovat tarkkuushiottuja. Ne ovat erittäin tarkkamittaisia ja tarkoitettu mittaus- ja kalibrointitarkoituksiin konepajoihin. Mittapalat ovat siististi viistetty reunoista ja ovat kovia, yleensä 800 HV. Kovuutensa takia mittapalat pitää tarkan mitansa hyvin. Mittapalojen kovuus estää kulumisen. Pinnan laatu pitää olla hyvä että nämä mittapalat saa imeytettyä toisiinsa. Tämä tapahtuu putsaamalla ensin lika ja suojarasva

pois. Tämän jälkeen voidaan kevyt öljy lisätä imeytettävien mittapalojen väliin ja sitten niitä painetaan toisiaan vasten samalla tehden ranteilla pyörivää liikettä. Näin saadaan mittapalat imeytettyä toisiinsa koheesion avulla. ”Koheesiolla tarkoitetaan keskinäisiä vetovoimia. Koheesio pitää ainetta koossa eli vastustaa sitä rikkovia voimia. koheesiosta johtuvat myös pintajännitys ja adheesio.” (Mittaustekniikka 2014 s.76 Tomi Keinänen) Tämän jälkeen voidaan sitten vaikka kalibroida tönäri.

Mittapalasarjoja saa joko laadukkaina teräksisinä (kuva 34) tai keraamisina. Näitä sarjoja saa kolmea eri tarkkuusluokkaa 0, 1 ja 2. Laboratoriotilaan hankitaan tarkkuusluokan 1 mittapalasarja. Tarkkuus on määritelty standardista DIN 861 EN ISO 3650. ”Tarkkuusluokka 0 on tarkoitettu työpajojen mittapalojen vertailumitaksi ja tarkkojen mittauslaitteiden ja mittauskoneiden asetukseen. Tarkkuusluokka 1 on tulkkien tarkastukseen, pituusmittalaitteiden asetukseen ja tarkkaan tarkastukseen mittaushuoneissa. Tarkkuusluokka 2 toimitetaan huokeampia konepajamittapaloja.” (Mittaustekniikka 2014 s.75 Tomi Keinänen)



KUVA 34 Mittapalasarja salkussa. ([www.teraskonttori.fi](http://www.teraskonttori.fi))

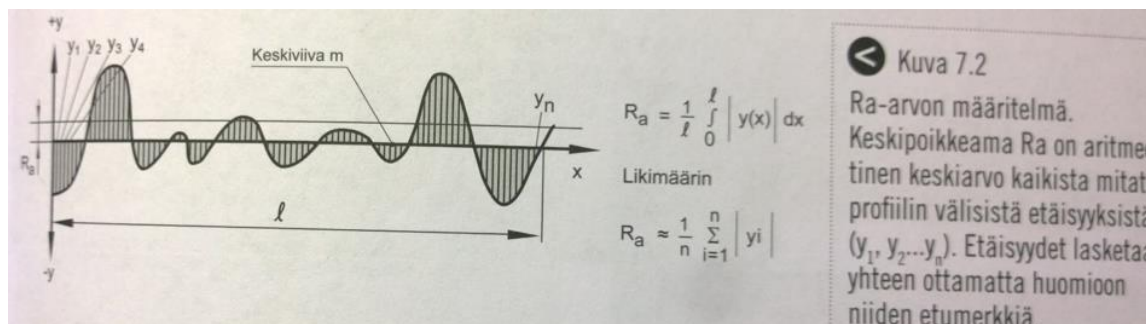
## 6.10.2 Harjoitukset

Harjoituksessa kalibroidaan mittavälineitä ja imeytetään mittapaloja. Tätä tehdessä pysytään havainnoimaan fysikaalinen ilmiö nimeltä koheesio. Katsotaan onko mittavälineiden ruuvit kulunut kun tarkastetaan samasta mikrosta kahdesta eri mitta-alueesta mitta.

## 6.11 Pinnan karheus

### 6.11.1 Yleisesti

Pinnan karheutta mitataan tänä päivänä  $R_a$ - arvolla eli keski-poikkeamalla (kuva35). Sorvatulle ja jyrсылle pinnalle on omat vertailulevyt. Vertailulevyillä on hyvä opetella pinnankarheutta. Joko kynellä vedetään vertailulevyn pintaa vasten jolloin opitaan pinnanlaadun  $R_a$  arvo joka jää ns. lihasmuistiin. Tai sitten voi ihan paljaalla silmällä vertailla pinnankarheutta. Ensimmäistä vaihtoehtoa suositellaan. Pinnankarheuteen sovelletaan nykyisin standardia SFS-EN ISO 1302, joka tuli voimaan 2002. (Mittaustekniikka 2014 s.107 Tomi Keinänen)



KUVA 35 kuvasta näkee hyvin miten integroidaan  $R_a$ . (Mittaustekniikka 2014 s.107 Tomi Keinänen)

### 6.11.2 Harjoitus

Harjoituksessa on valmiiksi sorvattu CNC-sorvilla yhdeksän kappaletta harjoituskappaleita. Halkaisija n.50 mm ja pituus 60 mm sekä joka kappaleessa on erilainen pinnanlaatu (kuva 37). Harjoituksessa on tarkoitus tunnistella kynellä sorvattuja pintoja. Näitä tuntemuksia arvioidaan ja vertaillaan vertailulevyillä. Paljonko kyseisessä kappaleessa on

pinnan laatu? Kuvassa 36 on vertailulevy. Jokainen kappale on stanssattu numeroilla 1-9. Paperille voidaan kirjoittaa esim. nro. 4 Ra 3.2 Tämän jälkeen tarkastetaan kaikki pinnanlaadut digitaalisella pinnanlaatumittarilla. Sama harjoitus tehdään vielä jyrksityille pinoille.



KUVA 36 Sorvauspinnan vertailusarja Ra 0.4-50 välille. (<http://metalliukko.blogspot.fi>)

Pinnan karkeus		Nirkon säde, mm				
Ra	H	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4
µm	µm	Syöttö, mm/kierros				
0,6	1,6	0,07	0,10	0,12	0,14	0,17
1,6	4	0,11	0,15	0,19	0,22	0,26
3,2	10	0,17	0,24	0,29	0,34	0,42
6,3	16	0,22	0,30	0,37	0,43	0,53
8	25	0,27	0,38	0,47	0,54	0,66
32	100				1,08	1,32

KUVA 37 Ra pinnanlaadun sorvaamiseen taulukko. ([www.cnc-teknikka.com](http://www.cnc-teknikka.com))

## 6.12 Siniviivain

### 6.12.1 Yleisesti

Siniviivainta käytetään yleensä kartioitten tarkastukseen tai tarkkojen kulmien asetuksiin. Siniviivaimen voi kiinnittää kappaleen keskellä olevasta reiästä vaikka kulmahylllyyn. Siniviivaimia on yleensä sadan ja kahdensadan mm. Tämä mitta tarkoittaa siniviivaimen

päissä olevia rullin keskikohtaa. Kuvan 38 siniviivain on sadan millimetrin viivain. Eli toisen rullan alle laitetaan mittapaloja, silloin tiedetään sen korkeus. Jos väli kyseisessä siniviivaimessa on 100 mm, niin siitä voi laskea kulman tangentin avulla



KUVA 38 siniviivain kuvassa. ([www.hoffmann-group.com](http://www.hoffmann-group.com))

### 6.12.2 Harjoitus

Harjoituksessa mitataan morsekartion neljäs kartiokulma siniviivainta hyväksi käyttäen. Lisäksi tarvitaan mittakello ja magneettijalka sekä suora taso, minkä päällä harjoitus suoritetaan. Morsekartio asetetaan siniviivaimen päälle, sitten toisen rullan alle laitetaan mittapalasarjasta paloja sen verran, että kun liikutetaan mittakelloa kappaleen päällä lineaarisesti, niin että kello ei heitä sadasosa millikään. Silloin voidaan laskea kyseisen morsekartion kulma kaavan 1 avulla. Kaavassa 2 on arvot sijoiteltuna.

$$\tan^{-1}\alpha = \frac{a}{b} \quad (1)$$

KAAVA 1

$\tan^{-1}\alpha$  = laskettava kulma

a = mittapalasarjan korkeus 50 mm

b = siniviivaimen pituus 100 mm

$$\tan^{-1}\alpha = \frac{50}{100} \quad (2)$$

KAAVA 2

## 6.13 Mittapöytäkirjat

### 6.13.1 Yleisesti

Mittapöytäkirjan tärkeys meinaa aina jäädä unholaan ja varsinkin koulussa oppilaat aina narisevat miksi pitää tällainen tehdä. Syy siihen on että osaa kuvasta katsoa oikeat mitat ja merkata ne vielä oikeisiin paikkoihin. Mittapöytäkirjoilla estetään myös susikappaleiden pääsyä asiakkaille.

### 6.13.2 Harjoitus

Tähän tehtävään otettiin vanha näyttökappale, minkä mallinnettiin Vertex- ohjelmalla. Kappaleen mallista tehtiin koneenpiirustuskuva. Kuva on liitteissä (liite 8). Konepiirustus kuvan mukaisesti Turpeinen sorvaa ja jyrsee tarvittavan harjoituskappaleen. Tämän kappaleen oppilas sitten mittaa ja tekee mittauksesta mittapöytäkirjan.

## 6.14 Erilaiset tulkit

### 6.14.1 Yleisesti

Tulkkeja hankitaan erilaisia, kuten kita-, reikä-, rako-, tappi-, kartio-, kierre- ja sädetulkkeja (kuvat 39, 40, 41, 42 ja 43). Tämä siksi, että opiskelijat pääsevät tutustumaan erilaisiin tulkkeihin. Tässä opinnäytetyössä oli jo aikaisemmin kierretulkista kuva (kuva 23).



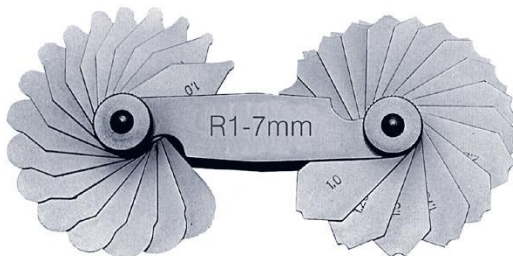
KUVA 39 kitatulkki 40 h6 ([www.hoffmann-group.com](http://www.hoffmann-group.com))



KUVA 40 t-reikätulkki on kätevä ahtaisiin paikkoihin ([www.alltools.com](http://www.alltools.com))



KUVA 41 kartiotulkki 1:10 ([www.buobag.ch](http://www.buobag.ch))



KUVA 42 sädetulkki sisä- ja ulkopuolinen R1-7mm. ([www.netkonttori.fi](http://www.netkonttori.fi))



KUVA 43 raketulkki 0,05-1mm ([www.biltema.fi](http://www.biltema.fi))

### **6.14.2 Harjoitus**

Tähän harjoitukseen sekä samalla viimeiseen harjoitukseen luodaan soveltava tehtävä. Opiskelija joutuu itse keksimään kyseisille tulkeille käyttötarkoituksen sekä tekemään sen mittaukset. Lopuksi työ esitellään Word- raportti muodossa opettajalle. Raportin pituus tulee olemaan selkeitten kuvien kanssa korkeintaan 10 sivua. Hyvät kuvat kertovat enemmän kuin tuhat sanaa.

## 7 POHDINTA

Laboratoriotilojen sijainnin olisi voinut valita paremmin. Tämä siksi kun nykyinen paikka on rakennettu I-palkkien päälle toiseen kerrokseen ja se on levytetty turkkilevyllä. Tästä johtuen toinen kerros tärähtelee jonkun siellä kävellessä. Tämä ei ole toivottu tilanne mittauslaboratoriolle. Resurssien puutteiden vuoksi täytyi tyytyä nykyiseen tilaan. Tulevaisuudessa kun määrärahoja jäisi käyttämättä, voitaisiin rahoilla rakentaa oma siipi kyseiselle mittahuoneelle. Tietenkin laboratorion tulisi olla lähelle konepajatoimintaa ja asennustiloja, mutta muuten se olisi muusta rakennuksesta täysin erillään. Tällä päästäisiin konepajan töminästä, värähtelystä ja muista häiriötekijöistä eroon.

## LÄHTEET

Netti:

<http://www.helsinki.fi/mm/suitia/mittaus/teoria1.htm>

[https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/kon-15.3122/materiaali/mittalaitteet\\_ja\\_mittalaitteiden\\_historia.pdf](https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/kon-15.3122/materiaali/mittalaitteet_ja_mittalaitteiden_historia.pdf)

<http://www.ajtuotteet.fi/varastokalusteet/konekaapit/sailytyskaappi-terasta-pieni-malli/462137-62774.wf>

<http://www.ajtuotteet.fi/poydat/poytapaketit/poytapaketit-varastoon/tyopoyta-paketti-hinta-laatikostolla-3-laatikolla/7759944-3003315.wf>

[http://www.tarkkuustuonti.fi/Kampanjat/TT-jule%203\\_2012.pdf](http://www.tarkkuustuonti.fi/Kampanjat/TT-jule%203_2012.pdf)

<http://www.tarkkuustuonti.fi/kalibrointi.html>

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Mikrometriruuvi>

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Ty%C3%B6nt%C3%B6mitta>

[http://www.teraskonttori.fi/easydata/customers/teraskonttori/files/pdf-dokumentit/mitutoyo\\_kampanja\\_syys\\_2014.pdf](http://www.teraskonttori.fi/easydata/customers/teraskonttori/files/pdf-dokumentit/mitutoyo_kampanja_syys_2014.pdf)

<http://www.visava.fi/modules/catalog/items/10811/lightbox/16DN.JPG>

[http://suomenteratuonti.fi/tuote/Kaarimikrometri\\_M\\_200](http://suomenteratuonti.fi/tuote/Kaarimikrometri_M_200)

<http://www.tooloutlet.fi/fi/Tuotteet/Mittaus+ja+merkin%C3%A4/+Mittav%C3%A4li-neet/Ty%C3%B6nt%C3%B6mitat/210/Ty%C3%B6nt%C3%B6mitta+150mm+digitaa-linen+Probuilder/821>

Kuvat:

([https://fi.wikipedia.org/wiki/Tiedosto:Da\\_Vinci\\_Vitruve\\_Luc\\_Viatour.jpg](https://fi.wikipedia.org/wiki/Tiedosto:Da_Vinci_Vitruve_Luc_Viatour.jpg))

(<http://www.visava.fi>)

(<http://www.tooloutlet.fi>)

(<http://suomenteratuonti.fi>)

<http://www.arceurotrade.co.uk/Catalogue/Measurement/Micrometers/Inside-Micrometers>

<https://www.wisc-online.com/LearningContent/mtl12902/MLT12902.htm>

[http://www.micro-machine-shop.com/single\\_point\\_threading.htm](http://www.micro-machine-shop.com/single_point_threading.htm)

<https://www.facebook.com/462250443834976/photos/pcb.840633372663346/840627129330637/?type=3&theater>

<https://www.facebook.com/462250443834976/photos/pcb.840633372663346/840627232663960/?type=3&theater>

<http://www.shop.yourtoolingstore.com/Mitutoyo-129-127-Depth-Micrometer-0-4-x-001-MTS1058.htm>

<http://www.ajtuotteet.fi/tyopaja-teollisuus/teollisuustuolit/teollisuusjakkara-660-920-mm/462097-64094.wf>

<http://www.ajtuotteet.fi/varastokalusteet/pientavaralaatikot/varastolaatikko/462140-60222.wf>

<http://www.ajtuotteet.fi/kaapit/metallikaapit/sailytyskaappi-terasta/4063887-62035.wf>

[http://www.atoy.fi/verkkokauppa/beta\\_kierretulkki\\_1707-p-121162-308/](http://www.atoy.fi/verkkokauppa/beta_kierretulkki_1707-p-121162-308/)

<https://www.hoffmann-group.com/FI/fi/ravemaf/Mittaustekniikka/Kulmamitat/Yleiskulmamitta%2C-luuppi-150-mm/p/453500>

<http://www.hitsaustarvike.com/57-lastuavat-tyokalut>

<http://webshop.industriacenter.fi/product/638/mittakello-2046-sb-mitutoyo>

[https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/kon-15.3122/viikkoharjoitukset/Kon-15\\_3122\\_ym-pyramaisyys.pdf](https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/kon-15.3122/viikkoharjoitukset/Kon-15_3122_ym-pyramaisyys.pdf)

[http://www.teraskonttori.fi/easydata/customers/teraskonttori/files/mittausvalineet/Mitu\\_luettelo\\_292-313.pdf](http://www.teraskonttori.fi/easydata/customers/teraskonttori/files/mittausvalineet/Mitu_luettelo_292-313.pdf)

<http://www.cnc-tekniikka.com/>

<http://metalliukko.blogspot.fi/2014/10/konepajalla-mittaaminen.html>

<https://www.hoffmann-group.com/FI/fi/ravemaf/Mittaustekniikka/Mittatulkit/Sinivivain-100-mm-HOLEX/p/483000>

[www.hoffmann-group.com/FI/fi/ravemaf/Mittaustekniikka/Mittatulkit/Kitatulkki-a---cz-6---13-4-mm/p/484222](http://www.hoffmann-group.com/FI/fi/ravemaf/Mittaustekniikka/Mittatulkit/Kitatulkki-a---cz-6---13-4-mm/p/484222)

[https://www.alltools.com.au/shop/index.php/341/1187\\_Mitutoyo\\_6pce\\_Telescopic\\_Gauge\\_Set\\_\(In\\_Wallet\)](https://www.alltools.com.au/shop/index.php/341/1187_Mitutoyo_6pce_Telescopic_Gauge_Set_(In_Wallet))

<http://www.buobag.ch/produkte/messtechnik-prueftechnik/gewindelehren-grenzlehrdorne-einstellmeister-pruefstifte-gewindelehrring/>

<http://www.netkonttori.fi/tuote/5135/12430765/r15-5-25-0-15mm-sadetulkki/11856649/1>

<http://www.biltema.fi/fi/Tyokalut/Mittausvalineet/Muut/Rakotulkki-mmtuumat-13-kpl-2000028588/>

Kirjat:

(Mittaustekniikka 2014 s.56 Tomi Keinänen)  
(Mittaustekniikka 2014 s.75 Tomi Keinänen)  
(Mittaustekniikka 2014 s.79 Tomi Keinänen)  
(Mittaustekniikka 2014 s.107 Tomi Keinänen)  
(Mittaus ja laatutekniikat 1997 s139 Paul H Andersson)  
(Mittaus ja laatutekniikat 1997 s.130 Paul H Andersson)  
(Mittaus ja laatutekniikat 1997 s.130- 133 Paul H Andersson)  
(Mittaus ja laatutekniikat 1997 s.133- 136 Paul H Andersson)  
(Mittaus ja laatutekniikat 1997 s.136- 138 Paul H Andersson)  
(Mittaus ja laatutekniikat 1997 s.144- 145 Paul H Andersson)  
(Mittaus ja laatutekniikat 1997 s.143- 144 Paul H Andersson)

Luentomateriaali:

(Jari Turpeisen opetusmateriaali)  
(Pauliina Paukkalan materiaali)

## LIITTEET

## Liite 1. tarjous

	1	RAVEMA Oy			TORAFORS Oy			MCT-Tech Oy			
	2										
	3	Hinta/ kpl	kpl	Hinta yht.	Hinta/ kpl	kpl	Hinta yht.	Hinta/ kpl	kpl	Hinta yht.	
	4	Työntömitta, yläp	19,35 €	5	96,75 €	18,00 €	5	90,00 €	20,40 €	5	102,00 €
	5	Digitaalinen työnt	86,31 €	5	431,54 €	23,00 €	5	115,00 €	36,50 €	5	182,50 €
	6	Kaarimikrometrise	328,60 €	1	328,60 €	328,60 €	1	328,60 €	161,00 €	1	161,00 €
	7	Digit. Kaarimikron	567,45 €	1	567,45 €	149,00 €	1	149,00 €	117,00 €	1	117,00 €
	8	Tikkumikrometrise	301,73 €	1	301,73 €		1	- €	153,00 €	1	153,00 €
	9	Syvvyysmikrometri	225,81 €	1	225,81 €	81,00 €	1	81,00 €	86,60 €	1	86,60 €
	10	Kierremikrometri	299,00 €	1	299,00 €	18,00 €	1	18,00 €	85,10 €	1	85,10 €
	11	Kierremikrometri		1	- €		1	- €	102,00 €	1	102,00 €
	12	Mittauskärkipari k	60,00 €	1	60,00 €		1	- €		1	- €
	13	Mittauskärkipari k	60,00 €	1	60,00 €		1	- €		1	- €
	14	Kaksipiste sisämik	232,00 €	1	232,00 €	219,00 €	1	219,00 €	59,60 €	1	59,60 €
	15	Kaksipiste sisämik	269,00 €	1	269,00 €		1	- €	68,20 €	1	68,20 €
	16	Kaksipiste sisämik	279,00 €	1	279,00 €		1	- €	76,70 €	1	76,70 €
	17	Kaksipiste sisämik	320,00 €	1	320,00 €		1	- €	85,10 €	1	85,10 €
	18	Kolmipistemikros	862,00 €	1	862,00 €	305,00 €	1	305,00 €	347,00 €	1	347,00 €
	19	Kolmipistemikros	662,00 €	1	662,00 €	690,00 €	1	690,00 €	894,00 €	1	894,00 €
	20	Kolmipistemikros	1 591,00 €	1	1 591,00 €	910,00 €	1	910,00 €	1 236,00 €	1	1 236,00 €
	21	Kolmipistemikros	1 933,00 €	1	1 933,00 €		1	- €		1	- €
	22	Mittauskello	28,29 €	5	141,43 €	25,00 €	5	125,00 €	28,70 €	5	143,50 €
	23	Vipumittauskello	79,81 €	2	159,63 €	44,00 €	2	88,00 €	44,20 €	2	88,40 €
	24	Digitaalinen mitta	141,13 €	1	141,13 €	97,00 €	1	97,00 €	54,80 €	1	54,80 €
	25	Magneettijalka ke	63,33 €	8	506,67 €	39,00 €	8	312,00 €	59,00 €	8	472,00 €
	26	Yleiskulmamitta	171,02 €	1	171,02 €	83,00 €	1	83,00 €	76,10 €	1	76,10 €
	27	Mittapalasarja 47-	265,33 €	1	265,33 €		1	- €	230,00 €	1	230,00 €
	28	Pinnankarh. Verta	297,00 €	1	297,00 €		1	- €	244,70 €	1	244,70 €
	29	Pinnankarheuden	2 195,00 €	1	2 195,00 €	1 190,00 €	1	1 190,00 €	1 150,00 €	1	1 150,00 €
	30	Rakotulkkisarja	6,38 €	2	12,76 €	4,00 €	2	8,00 €	4,20 €	2	8,40 €
	31	Sädetulkkisarja	11,21 €	1	11,21 €		1	- €	11,21 €	1	11,21 €
	32	Sädetulkkisarja	12,20 €	1	12,20 €		1	- €	12,20 €	1	12,20 €
	33	Siniviivain	185,00 €	1	185,00 €		1	- €	162,00 €	1	162,00 €
	34	Hakatulkki	137,50 €	1	137,50 €		1	- €	137,50 €	1	137,50 €
	35	Tappitulkki H7	27,60 €	1	27,60 €		1	- €	27,60 €	1	27,60 €
	36	Kierretappitulkki,	48,00 €	1	48,00 €		1	- €	48,00 €	1	48,00 €
	37	Kaarimikrometrin	36,70 €	3	110,10 €	22,00 €	3	66,00 €	22,90 €	3	68,70 €
	38	Reikämittauskello	418,53 €	1	418,53 €		1	- €		1	- €
	39	<b>Tarjouksen arvo yhteensä:</b>			<b>13 358,99 €</b>			<b>4 874,60 €</b>			<b>6 690,90 €</b>



















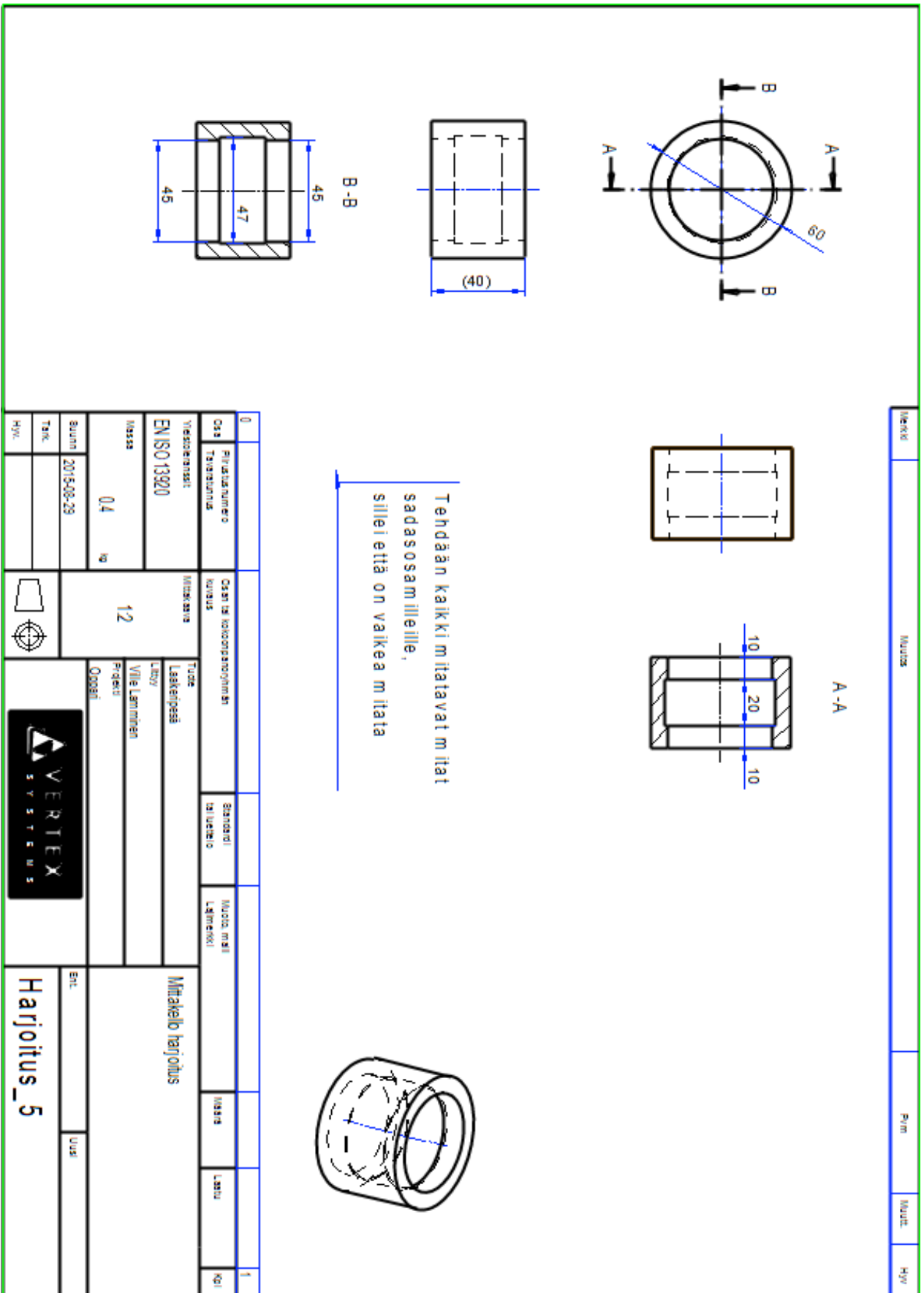
## Liite 11. konepiirustus

0		1	
Osa Tavustunnus	Eritysnumero kuvus	Standardi tai vertailu	Muoto malli Lähtökoti
Viitekirjasto: EN ISO 13920	Viitekirjasto: 12	Tuote Kulma	Kuuman mitaus
Massa 24 kg	Projekti VILJE Lemminkinen	Projektin Osoite	Sivun mitaus
Suunn. 2015-08-29	Projekti Osoite	Yhtiö VERTEX SYSTEMS	Ent. Uusi
Tekn. HYV.	Projekti Osoite	Harjoitus_3	

Tehdään kaikki mitatavat kulmat  
kulma minuutille,  
sillei että on vaikea mitata



## Liite 13. konepiirustus



## Liite 14. konepiirustus

